

研究報告

医療用画像から有用情報を 簡易に計測するソフトウェアの開発 (中間報告)

Development of Software for Extracting Useful Information from Various Medical Images

研究代表者：磯貝 芳徳 (健康科学部 教授)

共同研究者：浅井 友詞 (健康科学部 教授), 岩田 全広 (健康科学部 助教), 小林 寛和 (健康科学部 教授),
白石 成明 (健康科学部 准教授), 松原 貴子 (健康科学部 准教授), 石井 文康 (健康科学部 教授),
清水 美和子 (健康科学部 助教), 山中 武彦 (健康科学部 准教授)

研究期間 2008 年度～2009 年度

Abstract

理学療法, 作業療法の現場や研究室において手軽に使える医療用画像計測システムの開発を行った。対象とする画像として顕微鏡写真や MRI 画像を想定している。色空間内での距離を指標に画像内の同一領域を判定する方法は一定の成功をみた。これにより画像内の領域の面積を求めることが可能となった。ただ、領域の境界が曖昧であるような画像では必ずしも成功とは言えず、別のアルゴリズムの開発が求められる。連結した領域の判定時には再帰的探索法を採用したが、その簡便さと裏腹にスタックオーバーフローを起こすことがあることが判明し、この点の改善が求められることが判った。ユーザーインターフェースにも独自の工夫が行われたが、利用者の声を反映させる改善が必要なものと考えられる。

はじめに

さまざまな医療用画像から簡易な操作で定量的な計測データを提供するソフトウェアの開発研究の中間報告を行う。例えば、脳の MRI 画像から脳梗塞部位の断面積あるいは体積を測定するといったソフトウェアの開発である。これは、診断の定量化、精密化、高速化につながり、リハビリテーションの精密化、高度化に資すると考えられる。

医療の世界では画像を用いた診断、検査が古くか

ら重要な役割果たしてきた。顕微鏡写真、電子顕微鏡写真、X 線写真などはその典型的な例である。20 世紀後半には電子工学およびコンピュータ工学の急速な進歩を背景に次々と新しい医療用画像技術が開発され、臨床の場で無くてはならない診断、検査技術として定着している。このような新しい医療用画像技術には、コンピュータ断層撮影 (CT)、核磁気共鳴画像法 (MRI)、ポジトロン断層法 (PET)、超音波検査 (エコー検査)、サーモグラフィーなど枚挙に暇ない。

これらの医療用画像の多くは、非侵襲的、非観血的に人体内部の様子を見せてくれる点で極めて有用な診断手法となっている。画像情報は「疾患部位の同定が一目で可能」という特徴を有しており、これが有用な診断手法として定着している主な理由である。一方、これらの画像情報には、疾患部位の大きさ、長さ、数などの定量的計測に耐える情報も含まれており、これらの情報を計測することは診断の定量化、精密化に役立つことは明白で、既に画像計測のための様々なソフトウェアが開発され、利用されている。

本報告では、リハビリテーションの現場や研究室で手軽に利用でき、かつ無料で提供されるソフトウェアの開発を目指して進めてきた研究が一定の進展を見たので、その成果を報告する。

対象とする医療用画像およびソフトウェア開発環境

図-1 から 3 に示すような画像を計測の対象とした。図-1 と 2 は脳の MRI 画像である。疾患部位の像の境界が比較しっきりしている図-1 に対し、図-2 の疾患部位の境界は比較的曖昧である。これらの図中のスケールバーを用いて疾患部位の面積を求めようことを目指した。図-3 はラットの骨格筋の横断顕微鏡写真である。図中の染色された顆粒状像はひとつひとつの筋細胞の断面を示す。この写真からは図中の筋細胞の数を求めることを目指した。

ソフトウェアの開発には、画像処理が比較的容易である点、およびユーザインターフェースの開発が容易である点を考慮して Microsoft 社の Visual Studio 2005 の Visual Basic を採用した。

画像内の特定領域の識別と面積計測の方法

図-1 および図-2 の例では、画像内の疾患領域

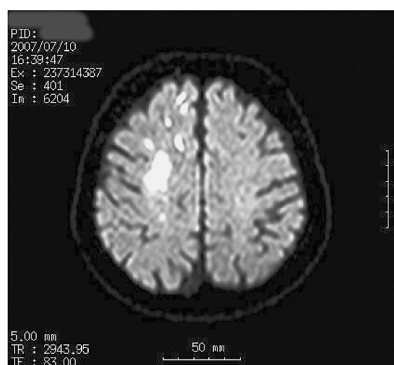


図 1 脳の MRI 画像 (堀場充哉氏提供)



図 2 脳の MRI 画像 (石井文康氏提供)

(白色領域) を自動的に認識・識別し、その面積を計測することを目指す。図-3 の例では画像内の筋肉細胞数を計測することを目指す。両者とも画像内のそれぞれの特徴を持った領域の自動認識がシステム開発の中心課題となる。以下では前者の例を中心に特定領域の識別とその面積計測の内容について記す。

疾患領域の認識は次のように行った。当ソフト利用者は認識させたい領域内の任意の一点(出発点と呼ぶこととする)をマウスでクリックすることから始まる。出発点のピクセルの RGB 色空間内の座標値を (r_0, g_0, b_0) とする。あるピクセルが出发点と同じ領域に属するかどうかは、そのピクセルと出发点の RGB 色空間内での距離が判定基準内にあるかどうかによって判定される。すなわち、

$$2 \text{ 点間の距離} = \sqrt{(r-r_0)^2 + (g-g_0)^2 + (b-b_0)^2} < \ell$$

ここで (r, g, b) は判定対象のピクセルの RGB 色空間内の座標値であり、 ℓ は予めユーザによって設定された同空間内での判定基準距離である。上式を満たすピクセルは出发点と同一領域と判断される。

上記判定条件のみで領域を認識することはできない。領域とは判定条件を満たした上で、さらに出发点から連結している必要があるからである。この連結要件を満たすピクセルの探索は次のように行った。出发点に隣接する上下左右の 4 点に対し、上記判定条件を適用し、条件を満たす点を次の出发点として

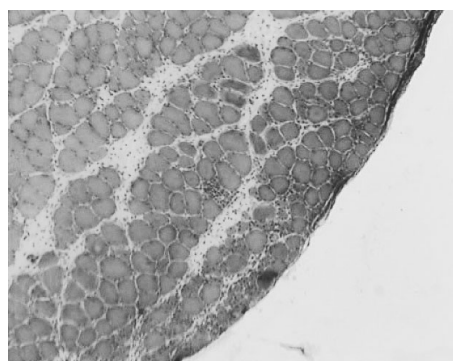


図 3 ラットの骨格筋の顕微鏡写真 (岩田全広氏提供)

次の探索を行い、判定条件を満たす点がなくなるまで繰り返す方式（再帰的検索法）を適用した。再帰的検索法のメリットとデメリットについては下の節で論ずる。

領域の判定ができれば面積の測定は極めて容易にできる。すなわち領域内と判定されたピクセル数の勘定を行い、さらに画像中のスケールバーからピクセル幅のキャリブレーションを行うことにより可能となる。キャリブレーションはスケールバーの両端をマウスでクリックすることにより行う。この操作は画像計測の「距離測定」にそのまま応用可能なことを指摘しておきたい。

ユーザインターフェース

この種のソフトウェア開発では、どのようなユーザインターフェースを提供するかが極めて重要である。当ソフトウェア開発に当たっては、マニュアルが無くても操作できるという点に力を注いだ。そのためにユーザが次に行うべき操作を指示するウィンドウと、画像を表示するウィンドウを別にした。前者では操作内容を細やかに説明、指示するように工夫した。操作結果についても可能な限り確認をするメッセージを出し、誤った操作を行った場合にはやり直しができるようにした。画像を表示するウィンドウを別にしたことにより、元の画像の大きさに柔軟に対応できるというメリットが生まれた。

結果

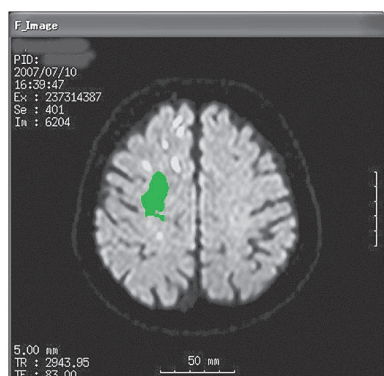


図4

結果の極く一部を図-4と図-5に示す。これらは図-1と図-2の画像に対して当ソフトウェアを用いて領域判定を行った結果である。単一領域と判定された部分を緑色で示した。これら2つの画像では対象領域内の色の濃淡の幅に差があり、かつ境界の明瞭さにも差がある。これらの差は、上記の判定基準距離 l をユーザが設定可能とすることにより柔軟に吸収する仕組みとなっており、これが働いていることが見て取れる。ここには示さないが、これら緑色領域の面積はユーザに示される。

図-3のラットの骨格筋の顕微鏡写真を対象とした、当ソフトによる解析を試みた。もし筋細胞領域あるいは細胞間隙領域の認識が当ソフトで可能なら、筋細胞数の数え上げも容易に可能との考えによる。しかしひとの目には明瞭な細胞間の境界を越えて単一領域と認識してしまう例が多いこと、また細胞間隙領域は必ずしも連続していないことなどから未だ成功するには到っていない。

考察および残された課題

ここで開発したシステムは、画像内の領域を認識し、面積を計測する点では一定の成果を示した。ただ、領域の境界が明瞭でない画像では満足できる結果には到っていない。この種の画像に対しては、2流体間の圧力差と表面張力のバランスを記述するYoung-Laplace方程式を援用したアルゴリズムが有効ではないか考えている。次年度以降の課題としたい。

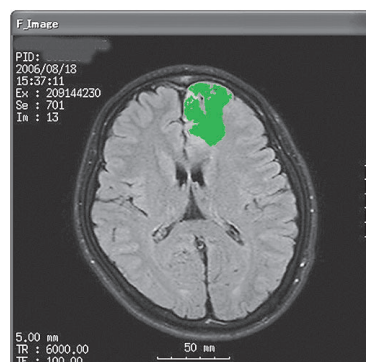


図5

領域の探索に再帰的検索法を採用したことにより、アルゴリズムは極めて簡便なものとなった。一方、この方法はコンピュータのスタック領域を多量に消費するためスタックオーバーフローを起こしやすく、領域が大きくなると働かなくなるという欠点を有している。この点の克服も次年度以降の課題としたい。

このようなシステムの開発では、利用者の使い易さといった観点が重要である。本年度はシステムの骨格の開発を中心に進めたため、理学療法士、作業療法士の現場での試用とそのフィードバックといったことを行う余裕がなかった。次年度にはこの点に注力し、実際に現場で使ってもらえるシステムとして仕上げる必要がある。